

CONTRIBUCION AL ESTUDIO DEL VALOR NUTRITIVO DEL PLANKTON

WERNER G. JAFFÉ

Instituto Nacional de Nutrición, Caracas

En los últimos años, el estudio del plankton ha despertado considerable interés por varias razones. Primero, porque los organismos vegetales y animales que en conjunto forman la comunidad vital compleja que se llama plankton, son la base alimenticia directa o indirecta de las riquezas ictiológicas de los mares y aguas dulces, y los conocimientos exactos de su multiplicación y composición es de considerable importancia en los estudios pesqueros. Otra razón es de que algunas de las algas componentes de plankton se han utilizado para cultivos intensivos con resultados bastante interesantes. Se ha logrado en ensayos en el laboratorio y al aire libre como también en plantas pilotos, cultivar algas verdes, preferentemente especies de *Chlorella* en cultivos continuos. Si se aplica agitación y se burbujea una corriente de aire con CO_2 por los cultivos, se pueden obtener rendimientos muy elevados en comparación con los rendimientos obtenibles en cultivos agrícolas corrientes. Los ensayos al respecto todavía no se han adelantado lo suficiente como para sacar conclusiones definitivas, pero existe la impresión entre los investigadores que se han ocupado con este problema, que el método promete resultados muy importantes como fuente de alimentos, grasas y materiales de posible uso industrial.

También se ha propuesto el uso directo del plankton marino para fines alimenticios humanos. Se ha calculado, aunque muy aproximadamente, que 1 kilogramo de pescado requiere como

base alimenticia para su formación. nada menos que 10.000 kilogramos de plankton, porque los peces grandes no se alimentan directamente de fito-plankton, sino que éste pasa por toda una cadena de animales que termina en los peces grandes.

Un índice de la abundancia de ciertas especies de zooplankton, crustáceas, que sirven de alimento a la ballena azul, es el crecimiento rápido de estos animales. Se ha calculado que durante la lactancia aumenta hasta 100 kg./día y luego cerca de 40 kg./día de peso corporal. Esto demuestra que la energía necesaria para cosechar plankton bajo ciertas condiciones muy favorables, es muy inferior al rendimiento. Sin embargo, no se puede concluir que lo mismo se puede conseguir técnicamente y en condiciones económicamente favorables.

La cantidad de fitoplankton es, por lo menos, 2-3 veces la del zooplankton. Técnicamente sería mucho más difícil recoger el primero porque tiende a ocluir las mayas; además, su composición y valor alimenticio varían mucho y existen inclusive especies tóxicas, como algunos dinoflagelatos y otros, que no sirven para fines alimenticios por su alto contenido en sílice, a saber, las diatomeas. Además, la concentración absoluta en plankton es generalmente muy baja, aunque mayor que la de los peces. Por debajo de 1 m². de mar en el Canal Inglés, se ha estimado la abundancia de organismos así:

Fitoplankton	0,4	—	0,5 gr.
Zooplankton	0,15		"
Pescado	0,0026		"

La pesca de 1 kg. de plankton bajo estas condiciones costaría aproximadamente 5-10 dólares, es decir, económicamente no tiene interés.

En Venezuela tenemos en algunas regiones, especialmente en el Lago de Maracaibo, condiciones muy especiales en la formación de plankton, y se ha considerado esta región como una de las más ricas en vida microscópica acuática. Las masas de algas microscópicas que se levantan a la superficie en las horas de la mañana y que en lugares tranquilos puede contener hasta 1.300 miligramos/litro de sustancias secas, según Jörgensen (1); se conocen como "aguas espesas" en la región.

El uso directo del plankton para fines de alimentación humana, ha sido objeto de numerosas publicaciones, pero de muy pocos estudios analíticos y experimentales. Geiger (3) discutió recientemente varios aspectos de la utilización de zooplankton para la alimentación. De los estudios de la literatura publicada al respecto, se deduce que los datos analíticos son sumamente escasos y faltan por completo para factores tan importantes como, por ejemplo, la vitamina B₁₂ y otros. Igualmente existe una incógnita sobre el valor biológico, digestibilidad, composición en aminoácidos, etc., de las proteínas del plankton.

Es muy difícil definir correctamente la composición biológica de una muestra de plankton por la gran variabilidad en especies que la componen según la estación, la localización e inclusive la hora del día de su obtención. Mejores posibilidades para el estudio ofrecen los cultivos de algas que se han realizado en escala experimental en varios lugares y que comprenden generalmente una sola especie. Así existen datos sobre la composición de *Clorella*, etc. (2). Con estos estudios se ha observado que la composición de una misma especie no es constante, sino que varía considerablemente con condiciones de nutrientes, cultivo, etc.

M A T E R I A L

En el presente estudio se han incluido muestras de plankton natural y otras de cultivo bajo condiciones no estériles y de infección espontánea, de modo que se trataba de una asociación de organismos mucho más parecida a la del plankton natural que muestras de cultivos puros de algas.

Tuvimos la oportunidad de conseguir dos muestras de plankton del Lago de Maracaibo. Las muestras se recogieron en dos diferentes lugares del Lago, cerca de Lagunillas y Cabiñas, respectivamente, en la oportunidad de una expedición hidrobiológica, organizada por el Profesor Dr. F. Gessner, en octubre de 1952. Sobre la composición biológica del plankton de este Lago, Gessner ha publicado recientemente un estudio general (4). Según este autor, prevalecen siempre y fuertemente las algas azules (*Microcystis* o *Diplocystis*), observándose grandes diferencias en la composición biológica en diferentes luga-

res como también a distintas profundidades. Sin duda se encontrarían también diferencias importantes en la composición del plankton del Lago de Maracaibo a distintas épocas del año, si se pudiera extender el estudio por un tiempo prolongado.

Las muestras para el análisis químico se recogieron con maya de plankton gruesa y se concentraron por un colador especial hasta consistencia espesa. Después se dividieron cada una de las muestras en dos partes, que se estabilizaron con ácido oxálico al 1% y solución alcohólica de NaOH, respectivamente. La última muestra sirvió para el análisis de los pigmentos carotenoides, la primera para todas las demás determinaciones.

Otras cinco muestras de plankton se han recibido por la amabilidad del Sr. J. Jörgensen. Se trata de material obtenido para el cultivo de organismos vegetales y animales de agua dulce de infección espontánea, descritos por Jörgensen y Convit (1). Las muestras números 3 y 4 se recibieron en forma líquida, espesa. Se concentraron por centrifugación hasta tener 25% de material sólido aproximadamente y se estabilizaron de la misma manera como se ha descrito anteriormente. Los números 5 a 7 eran preparaciones secas en forma de tabletas de color verde oscuro, preparado de cultivos de plankton secados al sol. De éstos recibimos cantidad suficiente para ejecutar unos análisis adicionales, como también ensayos biológicos.

Según información suministrada por el Sr. J. Jörgensen, quien nos facilitó estas muestras, se trata de las siguientes preparaciones: Todos fueron producidos por cultivo de plankton en agua dulce, abonado artificialmente. Los cultivos correspondientes a las muestras 3, 4 y 5 se cultivaron en ollas de barro cocido de 15 l al aire libre, en un medio de cultivo preparado con agua artesiana con un 10% de cocción de tierra (Nº 3) o de extracto de hulla (Nos. 4 y 5), y un abono químico comercial (plantabs) en la cantidad de 1:1000. Los cultivos tendían a hacerse más alcalinos y se mantenían a un pH de 7, mediante la adición de ácido acético. En el fondo de los cultivos se observaban microalgas (mixofíceas), bacterias autotrofas (*Rodopseudomonas*), larvas de insectos (*Chironomus*). En suspensión había *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Clorococcum*, protozoarios, etc. Los cultivos se cosechaban por centrifugación o desecamiento

al aire. Las muestras secas se prepararon en forma de tabletas, después de calentar el material para su desecamiento completo y esterilización.

Las muestras números 6 y 7 se habían preparado de cultivos hechos en grandes tanques abiertos de 2.400 l de capacidad, con agua adicionada con extracto de hulla y tierra filtrada, "Ammono-Phos", un abono químico comercial en la proporción de 1:1000 y 800 gr. de urea por tanque. La composición biológica de estos cultivos era algo diferente de la de los anteriores. Había menos bacterias autótrofas y más abundancia de *Scenedesmus* y *Chlorella*. Estas fueron devoradas en grandes cantidades por un Rotífero (*Noteus quadricornis*). Los cultivos se centrifugaron y se usaron como pasta o desecados en una estufa en forma de tabletas.

Las preparaciones de plankton cultivado se usaron en pacientes internos de un leprocomio y en algunas otras personas por lapsos de 8 meses hasta 2 años en dosis aproximadas de 15-20 gr., peso seco, sin efectos nocivos. Al contrario, se observaron mejorías notables en el estado general, con aumento de peso notable en muchos de estos pacientes. Estas mejorías se han atribuido al consumo de plankton (1).

R E S U L T A D O S

Los resultados analíticos se presentan en la Tabla N° 1. Los métodos usados se han descrito anteriormente (5), con excepción del ácido fólico que se determinó según el método de Jones y Morris (6), ligeramente modificado. Para mejor comparación de los resultados, éstos se han calculado a base de la materia seca.

Llaman la atención las grandes diferencias en la composición de las muestras analizadas. Estas diferencias eran sobre todo muy considerables entre los respectivos valores de fibra, cenizas, nitrógeno, minerales y las vitaminas del complejo B, y se observan inclusive entre las primeras y últimas muestras del plankton cultivado. Los altos valores de cenizas se explican porque el cultivo de plankton se verificó en tanques abiertos, mientras que más tarde éstos se taparon, evitando así la contaminación con arena y polvo.

Las muestras del Lago de Maracaibo eran más ricas en vitaminas del complejo B, mientras que todas tenían una gran concentración en caroteno. La muestra número 5, la única analizada al respecto, era muy rica en ácido fólico, y todas las tres sometidas a este análisis tenían mucha vitamina B₁₂. Hay que advertir, sin embargo, que el método microbiológico con *L. leichmannii* que se ha usado, no diferencia entre las formas de cobalamina activas o inactivas para animales.

No es de sorprender que las muestras dieron resultados muy diferentes, porque su composición biológica era muy compleja y seguramente distinta y, además, es sabido que la composición de algas y otros organismos depende mucho de factores ambientales, edad de los cultivos, etc.

Las determinaciones de 4 amino-ácidos efectuados en las muestras Nos 5-7, dieron resultados relativamente bajos para metionina, cistina y lisina, y la número 5 también para triptófano, mientras que las muestras 6 y 7 dieron valores altos para este último. Estos resultados se calcularon sobre 16 gr. de N, como de costumbre, aunque posiblemente una parte del nitrógeno presente no proviene de proteínas, sino de quitina.

Los ensayos biológicos se efectuaron en cinco experimentos con cuatro ratas jóvenes machos cada uno. El primer ensayo se hizo con cuatro animales adultos. Los animales se tenían en jaulas individuales con fondos de tela metálica; se pesó la dieta consumida individualmente y se recogieron las heces. Las dietas se prepararon con la cantidad de plankton indicada y, además, 5% de aceite de ajonjolí con aceite de hígado de pescado y aceite de gérmenes de trigo agregadas, 4% de mezcla de sales, 1% de una mezcla completa de vitaminas del complejo B y almidón para completar a 100%. El cálculo de la digestibilidad bruta se hizo restando la cantidad de masa fecal seca de la dieta consumida y expresando el resultado en %. La digestibilidad bruta del nitrógeno se calculó de modo análogo; la relación de eficiencia proteica se obtuvo dividiendo el aumento de peso de los animales entre la cantidad de proteína (N x 6,25) consumida en el mismo período, mientras que la utilización neta proteica (NPU) se determinó siguiendo la técnica de Bender (7).

Los resultados se han resumido en la Tabla Nº 2. En primer lugar, llama la atención la digestibilidad relativamente pobre de la parte proteica del plankton. En este respecto hay que admitir que posiblemente no es admisible el cálculo de $N \times 6,25$ en este caso porque posiblemente parte del nitrógeno puede existir como quitina. El crecimiento relacionado a la ingestión proteica y los valores de la utilización neta de la proteína eran igualmente bajos, probablemente debido tanto a la mala digestibilidad de los compuestos nitrogenados, como también a la composición en aminoácidos. Se puede concluir que en las dos muestras estudiadas al respecto, la proteína aparente tiene un valor biológico bajo, comparable, por ejemplo, con el de las proteínas del maíz. Investigaciones japonesas (8) han encontrado valores bajos en la absorción bruta y del nitrógeno de preparaciones desecadas de *Chlorella*.

TABLA Nº 1

RESULTADOS ANALITICOS CON 7 MUESTRAS DE PLANKTON CALCULADOS
SOBRE BASE SECA

Número	Muestra	Extracto eté- rico %	Fibra cruda %	Proteína % N × 6.25	Cenizas %	Calcío mg/100 gr	Fósforo mg/100 gr.	Hierro mg/100 gr.	Tiamina mg/100 gr.	Riboflavina mg/100 gr.	Niacina mg/100 gr.	Caroteno mg/100 gr.	Criptoxantina mg/100 gr.	Acido fólico mg/100 gr.	Vitamina B12 meg/g.	Triptofano g/16 g N.	Lisina g/16g N.	Metionina g/16g N.	Cistina g/16g N.
1	Lagunillas (Lago de Maracaibo)			29.3	9.56	1170	530	200	1.63	3.18	8.63	6.93	4.04						
2	Cabimas (Lago de Maracaibo)			19.1	7.02	950	400	71	1.28	2.68	8.15	4.46	1.91						
3	Cultivado (muestra líquida)	2.3	1.0	16.1	56.2	7000	6120	92	0.065	0.92	2.44	7.6							
4	<i>Idem</i>	4.85	10.2	22.5	24.3	3460	2400	286	0.47	1.02	3.70	2.5							
5	Cultivado (muestra sólida)	6.3	3.32	16.3	44.8	6720	3760	246	0.22	0.6	1.75	5.5	7.2	2.94	2.06	0.78	4.47	2.65	0.30
6	<i>Idem</i>	6.55	6.40	45.5	20.1	4480	1080	862	0.15	2.41	10.9	7.0	4.4		1.86	1.55	4.62	1.34	0.90
7	<i>Idem</i>	5.76	6.33	41.6	17.9	6140	2390	733	0.23	2.27	7.93	8.6	5.7		1.80	1.42	4.34	1.11	0.84

TABLA Nº 2

RESULTADOS DE ENSAYOS BIOLÓGICOS EN RATAS CON PLANKTON

Muestra Nº	% de plankton en dieta	Digestibilidad bruta total	Digestibilidad bruta de Nitrógeno	Relación de eficiencia proteica (P.E.R.)	Utilización neta proteica (N.P.U.)
7	60	71.09	42.6		
7	27.6 (1.6% N)				51.9
8	24.5 (1.6% N)	71.38	45.9	0.30	50.7
8	24.5 (1.6% N)	71.12	66.0	0.58	43.3

R E S U M E N

Se presentan los resultados analíticos obtenidos con dos muestras de plankton natural del Lago de Maracaibo, en las cuales prevalecían algas azules, y cinco muestras de un plankton proveniente de cultivos en tanques abiertos y de inoculación espontánea y composición mixta, con abundantes mixomicetas, bacterias, flagelados, etc. Los valores calculados sobre base seca de N x 6,25 fluctuaban de 16% hasta 45%, cenizas 7 — 56%, Ca 950 — 7.000 mg%, P 400 — 6.120 mg%, Fe 71 — 862 mg%, tiamina 0,06 — 1,6 mg%, riboflavina 0,6 — 3,2 mg%, nacina 1,7 — 10,9 mg%, caroteno 4,5 — 8,6 mg%, criptoxantina 1,9 — 5,7 mg%, ácido fólico 2,9 mg%, vit. B₁₂ (determinado con *L. leichmannii*) 1,8 — 2,0 mcg/gr. También se determinaron triptofano, lisina, metionina y cistina en tres de las muestras y se ensayaron algunas muestras respecto a la digestibilidad, la eficiencia proteica y la utilización neta de las proteínas. Todos estos valores resultaron bajos.

Se hace hincapié sobre las grandes diferencias en la composición encontradas entre las distintas muestras.

S U M M A R Y

Seven samples of plankton have been studied. Two were obtained from the Lake of Maracaibo, while 5 were cultured plankton obtained by cultures in open vessels by spontaneous infection in water with different fertilizers. The first two consisted mainly of blue green algae while the cultured samples contained mixomycetae, autotrophic bacterie, flagelatae and other organisms. The analytical results have been calculated on a dry basis. The following values have been obtained: protein (N x 6.25) 16 — 45%, Ash 7 — 56%, Ca 950 — 7000 mg%, P 400 — 6120 mg%, Fe 71 — 862 mg% thiamin 0.06 — 1.6 mg% riboflavin 0.6 — 3.2 mg%, niacina 1.7 — 10.9 mg%, carotene 4.5 — 8.6 mg%, cryptoxantene 1.9 — 5.7 mg%, folic acid 2.9 mg%, vit. B₁₂ activity (determined with *L. leichmannii*) 1.8 — 2.0 mcg/g. Moreover, in 3 samples the amino

acids methionine cystine, lysine and triptophan were determined. With 2 of the samples, bruto digestibility, digestibility of N, PER and NPU values were determined in biological essays with rats. N-digestibility values of 42.6 — 66% were found while the biological value of the proteins was low and similar to that of corn. The great fluctuations of the analytical results are emphasized.

Z U S S A M M E N F A S S U N G

Es wurden 7 Plankton Amuster untersucht; 2 waren im Maracaibo gefischt worden und bestanden zum grössten Teil aus Blaualgen, während 5 in offenen Behältern und durch Spontaninfektion in Süsswasser mit verschiedenen Düngern gezüchtet worden waren. Diese enthielten u.a. Mixomyceten, autotrophe Bakterien, Flagellaten etc. Die analytischen Resultate wurden auf Trockengewicht berechnet. Es wurden gefunden: Eiweiss (Nx 6.25) 16 — 45%, Asche 7 — 56%, Kalzium 950 — 7000 mg%, Phosphor 400 — 6120 mg%, Fe 71 — 862 mg%, Vit. B₁ 0.06 — 1.6 mg%, Riboflavin 0.6 — 3.2 mg%, Niazin 1.7 — 10.9 mg%, Karotin 4.5 — 8.6 mg%, Kryptoxantin 1.9 — 5.7 mg%, Folsäure 2.9 mg%, Vit. B₁₂ Aktivität (mit *L. Leichmannii* bestimmt) 1.8 — 2.0 mcg/gr. Ausserdem wurden die Aminosäuren: Methionin, Cystin, Lysin und Tryptphan bestimmt. Es wurden mit 2 der Muster biologische Versuche zur Bestimmung der Verdaulichkeit und des biologischen Wertes des Eiweisses angestellt. Beide Werte waren niedrig, die Bruto-Eiweissverdaulichkeit wurde zwischen 42.6 u. 66% gefunden und der biologische Wert etwa wieder von Maiseiweiss. Es wird besonders auf die grossen Unterschiede der untersuchten Muster hinsichtlich ihrer Zusammensetzung hingewiesen.

BIBLIOGRAFIA

- (1) J. S. Burlew.—Edit. Algal Culture, Carnegie Institution of Washington. Publication 600, 1953, J. Jörgensen y J. Convit, pág. 190.
- (2) Id.—A. W. Fischer, J., A. D. Little y J. S. Burlew, pág. 303.
- (3) E. Geiger.—Problems Connected with the Possible Use of Plankton for Human Nutrition. Am. J. Clin. Nutr. 6, 394, 1958.
- (4) F. Gessner y V. Vareschi.—Ergebnisse de deutschen limnologischen Venezuela-expedition 1952. Berlín, 1956, pág. 67.
- (5) W. G. Jaffé et al.—Arch. Venez. Nutr. 7, 163, 1956.
- (6) Methods of Vitamin Assay. New York, 1947.
- (7) D. S. Miller y A. E. Bender.—Brit. J. Nutr. 9, 382, 1955.
- (8) Nutrition Reviews 17, 238 (1959).

Agradecimiento:

Se agradece la eficiente colaboración del personal técnico del Servicio de Bioquímica en la parte analítica del presente trabajo.